

Foto: Sebastião José de Araújo

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVELCOMUNICADO  
TÉCNICO

252

Santo Antônio de Goiás, GO  
Abril, 2020**Embrapa**

## O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio

Márcia Thaís de Melo Carvalho, Adriano Pereira de Castro, Carlos Magri Ferreira, Mabio Chrisley Lacerda, Anna Cristina Lanna, Valácia Lemes Silva-Lobo, Mellissa Ananias Soler da Silva, José Manoel Colombari Filho

# O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Márcia Thaís de Melo Carvalho, Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Produção Ecológica e Conservação de Recursos, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Adriano Pereira de Castro, Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Carlos Magri Ferreira, Engenheiro-agrônomo, doutor em Desenvolvimento Sustentável, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Mabio Chrisley Lacerda, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Anna Cristina Lanna, Química, doutora em Fisiologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Valácia Lemes Silva-Lobo, Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Mellissa Ananias Soler da Silva, Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. José Manoel Colombari Filho, Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

## Desafios do milênio e fundamentos da produção sustentável

O Brasil se destaca mundialmente pela intensificação da produção agrícola, simultaneamente mantendo 66% de seu território coberto por vegetação nativa, majoritariamente na Amazônia (Miranda, 2017). O setor agropecuário ocupa aproximadamente 30% do território (MapBiomas, 2019), sendo a segunda maior fonte de emissão de gases de efeito estufa (GEE) do País, com 492 milhões de toneladas de um total de 1.9 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, atrás do

setor de mudanças do uso da terra e de florestas e à frente do setor de energia em 2017 e 2018 (SEEG Brasil, 2019). O metano (CH<sub>4</sub>) é um dos GEE mais importantes para o setor agropecuário. O potencial de aquecimento de uma molécula de metano é 21 vezes maior que o potencial de aquecimento de uma molécula de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), num horizonte de 100 anos na atmosfera (Brasil, 2013). A emissão do metano ocorre por um processo natural, favorecido em ambiente rico em matéria orgânica e com baixa presença ou ausência de oxigênio. No Brasil, a maior fonte de emissão de metano é a fermentação entérica que ocorre no rúmen de animais em pastagem, seguida pelo

manejo de dejetos animais e pela cultura do arroz irrigado, que representou 3% (418 mil toneladas) das emissões totais de metano pelo setor agropecuário no Brasil, em 2010 (Brasil, 2013). Porém, nos últimos 40 anos, o Brasil apresentou uma das maiores taxas de aumento da produtividade na agricultura, e o emprego de tecnologias pelo setor agropecuário respondeu pela maior parte desse crescimento (Gasques et al., 2017). Por exemplo, a estimativa nacional média para a produtividade de arroz saltou de  $1,4 \text{ t ha}^{-1}$  para  $6 \text{ t ha}^{-1}$ , entre 1976 e 2019; ao contrário do previsto, a área ocupada com o cultivo caiu de 6,6 milhões de hectares para 1,7 milhões de hectares no mesmo período (Conab, 2019a). Ao mesmo tempo, a área cultivada com soja cresceu abruptamente de 6,9 milhões de hectares para 35,8 milhões de hectares, enquanto a produtividade dobrou de  $1,7 \text{ t ha}^{-1}$  para  $3,2 \text{ t ha}^{-1}$ , entre 1976 e 2019 (Conab, 2019a).

Entretanto, assim como ocorre em âmbito global, no Brasil a agricultura intensiva convencional é pressionada por forças estruturantes, tais como: crescimento populacional e urbanização; limite máximo de expansão da fronteira agrícola; necessidade de preservação de ecossistemas nativos remanescentes; necessidade de maior eficiência de uso dos recursos solo e água; aumento dos custos de produção e convivência com as rápidas modificações climáticas causadas pelo aquecimento global (Embrapa, 2018). Para a promoção de processos de intensificação ecológica da agricultura, têm sido utilizados

conhecimentos que visam aumentar a rentabilidade e minimizar os impactos ambientais negativos.

O Brasil é uma potência agrícola não só pela disponibilidade de terras cultiváveis em condições de temperatura e precipitação propensas ao sucesso da atividade agropecuária, mas, principalmente, por desenvolver e adotar conhecimento e inovações baseadas em ciência na forma de processos e produtos utilizados nos sistemas de produção que permitem, por exemplo, o cultivo de até três safras em um ano agrícola. Consequentemente, há impactos positivos sobre a produtividade, a rentabilidade e o bem-estar social da população rural e urbana. Diante dessas circunstâncias, os sistemas de produção estão se tornando cada vez mais complexos.

Os desafios atuais para o setor agropecuário brasileiro envolvem o desenvolvimento de sistemas de produção biodiversos e resilientes, adaptados ao contexto das mudanças ambientais. Portanto, políticas públicas como o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), buscam conciliar a estabilidade e o aumento da produção no setor agropecuário nos trópicos com o potencial de contribuição para reduzir ou evitar as emissões de GEE relacionados ao aquecimento global (Brasil, 2012). Nesse contexto, a resiliência refere-se à capacidade

de um sistema produtivo absorver perturbações por meio da adaptação aos estresses bióticos e abióticos, mantendo sua produtividade (Cabell; Oelofse, 2012). Políticas públicas são fatores determinantes para a adoção e a implementação de práticas e processos no setor agropecuário e, para serem bem-sucedidas, devem ser embasadas em ciência.

Para Ferreira (2008) a função da agricultura foi então ampliada e não se limita à produção de matérias-primas e alimentos e à geração de emprego e renda, mas tem papel preponderante no fornecimento de energia renovável e de insumos biológicos, além de cuidados com a paisagem, com a regulação do clima, com a manutenção da fauna e da flora e, recentemente, com a manutenção da atmosfera terrestre limpa e em equilíbrio, via sequestro de carbono pela produção de biomassa e grãos e o incremento da matéria orgânica nos solos. Essas questões foram incorporadas ao que se convencionou chamar de desenvolvimento sustentável, que deixou de ser um termo retórico para elemento essencial na definição do modo de produção desejado. Aqueles que não produzirem observando quesitos estabelecidos nesse contexto, correm o risco de perder competitividade devido à redução da produção ou por terem os produtos depreciados no mercado. Além disso, o Brasil é reconhecido mundialmente como fornecedor de matéria-prima e alimento, ficando em segundo plano questões de soberania e segurança alimentar. A demanda por

produtos tradicionais na cultura brasileira como o arroz, o feijão, a mandioca e o milho, promovem um padrão alimentar simples, mas eficiente, sob o ponto de vista nutricional e de saúde.

Atualmente destacam-se novos conceitos e metas para o setor agropecuário mundial: a intensificação ecológica ou sustentável, a dieta sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) do milênio ou Agenda 2030. A intensificação ecológica significa aumentar a eficiência da produção agropecuária, com o mínimo uso de terras, reduzindo ou evitando o aumento do impacto ambiental negativo ou a pegada ambiental, enquanto se aprimora o fornecimento de serviços ecossistêmicos (Royal Society, 2009). A dieta sustentável é aquela que contribui para a segurança alimentar e nutricional e para a vida saudável das gerações presentes e futuras. Dietas sustentáveis são protetoras, ou seja, culturalmente aceitáveis, economicamente justas, acessíveis, nutricionalmente adequadas, seguras, saudáveis, respeitando a biodiversidade e os ecossistemas locais, otimizando recursos naturais e humanos (Burlingame; Dernini, 2012; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Os ODS para o milênio foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015. Os 17 ODS são expressos em 169 metas, representando o eixo central da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável no mundo. A Embrapa contribui e trabalha para atender aos ODS como



**Figura 1.** Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que podem ser alcançados com o cultivo do arroz de terras altas.

Fonte: Embrapa (2019).

uma estratégia alinhada aos objetivos institucionais da empresa (Embrapa, 2019). Nesse sentido, posiciona-se como protagonista nacional e internacional a pesquisa e o desenvolvimento voltado para a produção de arroz de terras altas, que possui aderência aos ODS 2, 6, 12 e 13 (Figura 1). O arroz cultivado em solos naturalmente bem drenados, dependente somente da precipitação pluviométrica para produzir, é denominado como de terras altas, de sequeiro ou aeróbico (Fageria, 2001). A seguir serão apontados os fatores que embasam a contribuição do cultivo de arroz de terras altas para o cumprimento dos quatro ODS citados acima.

## O arroz de terras altas e os sistemas integrados de produção

Nos últimos 30 anos, no Brasil, tem ocorrido a contínua redução do cultivo de arroz em sistema de terras altas, ocasionando o predomínio da produção em sistema irrigado por inundação,

especialmente na região Sul. Essa redução se deu sob momento político-econômico e valores sobre o uso dos recursos naturais distintos dos atuais. Conforme Ferreira e Moraes (2017), a constante procura do setor produtivo por inovações, como novas cultivares, melhorias nas práticas agrícolas, processos eficientes de transferência de tecnologia e a aproximação da produtividade potencial ou do limite máximo de produtividade para o arroz irrigado, são componentes importantes na constância da área de produção na região Sul do País.

Entre os anos de 2006 e 2017 houve um pequeno aumento de 9% na área de produção de arroz irrigado no Brasil (de 1,3 milhão para 1,4 milhão de hectares), com a produção aumentando em 29% (de 8,6 milhões para 11,1 milhões de toneladas) e a produtividade média em 19% (de 6,5 t ha<sup>-1</sup> para 7,7 t ha<sup>-1</sup>). Enquanto isso, a área cultivada com arroz de terras altas caiu 63% (de 1,6 milhão para 0,6 milhão de hectares) e a produção caiu pela metade (de 2,8 milhões para 1,4 milhão de toneladas), por outro lado, a produtividade aumentou 32% (de 1,8 t ha<sup>-1</sup> para 2,3 t ha<sup>-1</sup>) (Embrapa Arroz e Feijão, 2019). Conforme demonstraram Breseghello et al. (2011) e Colombari Filho et al. (2013), a produtividade do arroz de terras altas aumentou 0,67% por ano, ou seja, 19 kg ha<sup>-1</sup>, principalmente devido ao melhoramento genético desenvolvido pela Embrapa e parceiros entre 1984 e 2009. Ao mesmo tempo, houve uma redução de produtividades baixas em sistema de terras altas, elevando a média nacional.



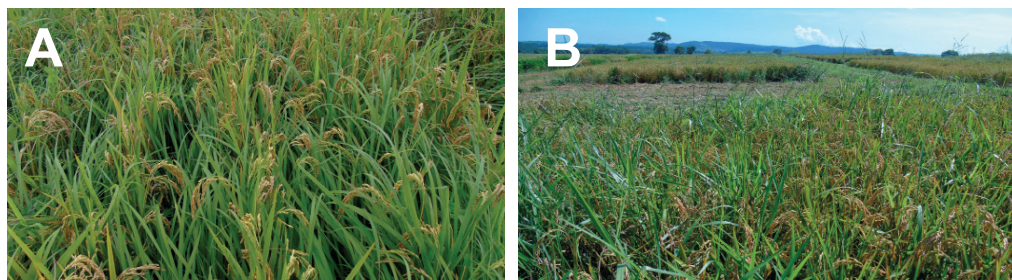
A redução da área plantada em terras altas está também relacionada à expansão da área de cultivo de soja e de milho no Cerrado brasileiro. O advento de tecnologias atreladas à mecanização, cultivares adaptadas, calagem e fertilização, possibilitaram aproveitar as propriedades físicas e a topografia favoráveis dos solos do Cerrado para o cultivo de outros grãos, como o milho e a soja (Lapola et al., 2013). Porém, a redução da área plantada com arroz de terras altas não foi o único fator determinante para o predomínio da produção em sistema irrigado por inundação na região Sul do Brasil. Outros fatores, como a mudança da legislação da qualidade de grãos, o incentivo governamental para financiamento e aquisição da produção, além do engajamento sincronizado dos elos da cadeia produtiva, foram determinantes para estabilidade do setor de irrigado subtropical e domínio de mercado.

Considerando as lacunas de produtividade entre os sistemas de produção de arroz de terras altas no Brasil (Conab, 2019b), o aumento da produção nesse método, via melhoria do manejo e adaptação de cultivares, é uma oportunidade a ser explorada. Produtores com acesso à tecnologia e informação já conseguem produtividades acima de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  em áreas onde o arroz é utilizado em sucessão com a cultura da soja, em campos de produção de sementes no Mato Grosso (<http://www.agropelsementes.com.br/>). Evidenciar os aspectos agrônômicos, ambientais e sociais do cultivo do arroz de terras altas significa disponibilizar uma matriz

sustentável para a produção do grão no planeta.

Acompanhando a tendência de intensificação ecológica da produção e do consumo, a Embrapa desenvolve cultivares modernas de arroz de terras altas com excelente qualidade de grão, da classe longo fino tipo 1, adequadas a sistemas de produção solteiros, consorciados ou integrados. Como fruto desse esforço técnico-científico, a Empresa disponibilizou recentemente a tecnologia que viabiliza a inserção do arroz de terras altas em sistemas integrados de produção, integração lavoura-pecuária (ILP), como a cultivar BRS A501 CL, que possui tolerância a herbicidas de ação total, do grupo das imidazolinonas no sistema de produção Clearfield, passa a ser uma opção adaptada e rentável para o consórcio com forrageiras e rotação com soja em sistemas de produção integrados, o que tem despertado o interesse de produtores (Figura 2). A seguir, são elencados vantagens e benefícios da utilização da cultura do arroz de terras altas em sistemas agrícolas integrados:

- Controle eficaz de plantas invasoras nos sistemas de produção, pois a rotação com arroz permite também a rotação de herbicidas com princípios ativos distintos, como o herbicida do grupo das imidazolinonas (Castro et al., 2018);
- A inserção do arroz no sistema representa mais um elemento para o incremento da biodiversidade e,



**Figura 2.** BRS A 501 CL consorciado com *Panicum maximum*, cultivar Massai (A) e com *Urochloa brizantha*, cultivar BRS Paiguás (B).

portanto, para a ruptura de ciclos de insetos e doenças no sistema de produção (Goulart, 2007; Nascente et al., 2013);

- O arroz tem efeito inibidor sobre populações de nematoides causadores de prejuízos às culturas da soja e do algodão (Sousa, 2018);
- A rotação soja-arroz (leguminosa-gramínea) promove a ciclagem de nutrientes e o equilíbrio da relação C:N, fundamental para a manutenção da qualidade e do estoque de C orgânico do solo. O cultivo de soja em sucessão com o arroz pode gerar um incremento de até 20% na produtividade da soja (Nascente; Stone, 2018);
- A densa palhada ou a biomassa produzida pela parte aérea e raízes da planta de arroz contribui para o incremento de C e de matéria orgânica no solo (Madari et al., 2018), melhorando a fertilidade química, biológica e a estrutura fí-

sica do solo, variáveis diretamente relacionadas à manutenção da produtividade e à resiliência do sistema (Nascente; Stone, 2015; Lacerda; Nascente 2016);

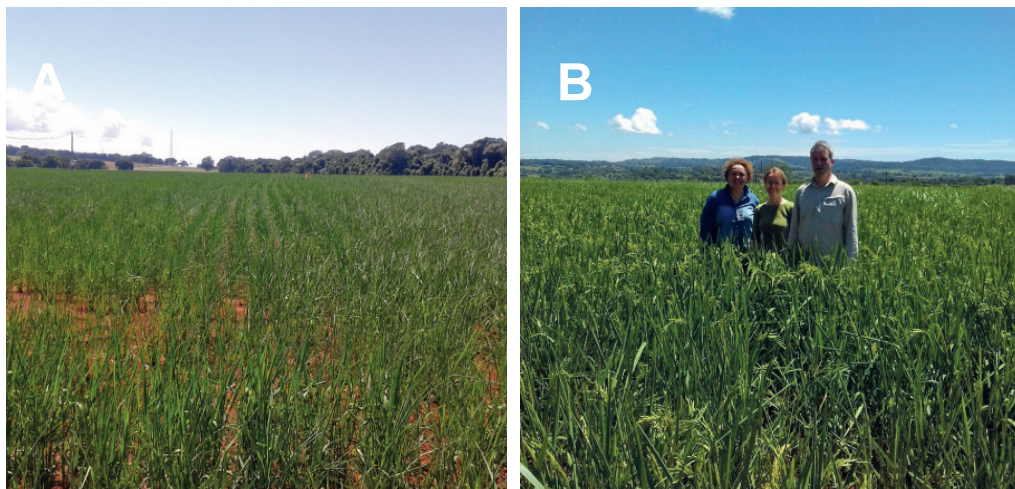
- Além de contribuir para aumentar a eficiência de uso do solo em sistemas de produção integrados, como integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), o arroz de terras altas é uma cultura adequada para a recuperação de pastagens degradadas (Oliveira et al., 2014; Lacerda et al., 2016).

A expansão do cultivo de arroz de terras altas pode favorecer a distribuição mais segura e estratégica da produção do grão, alimento básico de 84% da população brasileira e de mais de 30% da população mundial. O predomínio do cultivo irrigado na região Sul pode significar risco de segurança para o abastecimento nacional em situação de queda de produção gerada

por vulnerabilidade ambiental, como em anos nos quais ocorre o fenômeno El Niño, quando há excesso de chuva e nebulosidade (Inpe, 2019). Portanto, a expansão do cultivo do arroz de terras altas em áreas já consolidadas pelo setor agropecuário no Cerrado é desejável, pois minimizaria problemas de logística e abastecimento, aproximando a produção de outras regiões consumidoras no

Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil. Em sistema ILP conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, por exemplo, a média de produtividade de grãos variou entre 3.470 kg ha<sup>-1</sup> e 4.250 kg ha<sup>-1</sup>, com precipitação pluviométrica total na safra (dezembro-março) entre 675 mm e 898 mm (Figura 3).

Fotos: Márcia Thais de Melo Carvalho



**Figura 3.** Cultivo de arroz de terras altas, cultivar BRS Sertaneja, na Embrapa Arroz e Feijão, em sistema de integração lavoura-pecuária, safras 2014/2015 (A) e 2016/2017 (B).

Deve-se considerar que em vários estados brasileiros o grão comercializado nas gôndolas dos supermercados é envasado por agroindústrias locais, viabilizado com o cultivo na própria região. Estima-se que no estado de Mato Grosso, por exemplo, as indústrias de beneficiamento gerem cerca de mil empregos diretos. Em 2013, um levantamento realizado pela Embrapa em seis cidades de Mato

Grosso, mostrou que 100% do arroz embalado pelas empresas beneficiadoras era proveniente de produção local e as marcas respondiam por 87% do grão comercializado no varejo. Das 75 marcas pesquisadas, somente cinco não eram da classe longo fino e/ou tipo 1, preferência do consumidor brasileiro. O arroz envasado em Mato Grosso é distribuído de forma equilibrada entre os diferentes segmentos



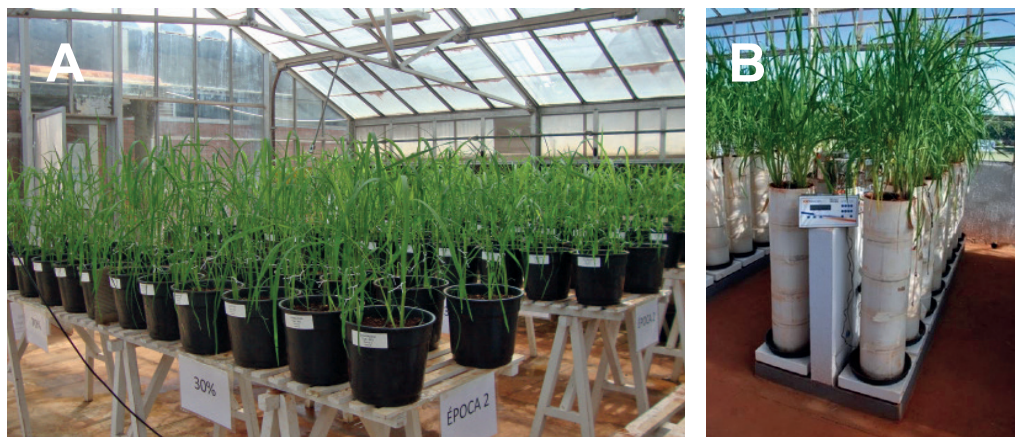
de varejo: hipermercados (38%), supermercados tradicionais (27%), supermercados de médio porte (12%) e supermercados de pequeno porte (24%). Entretanto, o grão empacotado em outros estados brasileiros (RS, SC, GO e MS) e comercializado em Mato Grosso concentra-se, de 70% a 100%, em hipermercados e supermercados, demonstrando a importância das agroindústrias locais no abastecimento de redes varejistas de menor porte e o fortalecimento da economia regional (Chaves et al., 2015).

## O arroz de terras altas e a intensificação ecológica

O cultivo em terras altas está alinhado à perspectiva de intensificação ecológica da produção e do consumo porque estabelece: a utilização ponderada da água, pois depende apenas da água das chuvas para produção, entre 400 mm e 600 mm bem distribuídos ao longo da safra (Crusciol et al., 2013); custo de produção reduzido com o preparo do solo e o bombeamento de água para irrigação (Agrianual, 2019); emissão nula de metano ( $\text{CH}_4$ ), um GEE relacionado a processos anaeróbicos de degradação do carbono (Embrapa, 2015); e reduzida probabilidade de produção de grãos com concentração de arsênio (As) acima do limite recomendado pela FAO, de  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  (Panthri; Gupta, 2019). O As é prejudicial à saúde humana (Pinson et al., 2015).

Portanto, é possível reduzir a pegada hídrica e a pegada de carbono no cultivo de arroz no Brasil e no mundo, contribuindo para um consumo sustentável e seguro de grãos. Já existem estudos que demonstram a transição de sistemas inundados no Sul do País para sistemas integrados de produção, via formação de faixas elevadas para manejo do solo em condições aeróbicas (Theisen et al., 2017). O Brasil é pioneiro no desenvolvimento de cultivares adaptadas e no manejo do solo para o arroz de terras altas (Pinheiro et al., 2006; Saito et al., 2018), o que deve ser explorado como estratégia para segurança alimentar num contexto de mudanças climáticas. Na Ásia, onde estão os maiores produtores mundiais, há estimativa de redução de 27% na área de cultivo em sistema inundado, devido à urbanização da população e conflitos pelo uso da água (FAO, 2012). Na China, segundo maior produtor no mundo, por exemplo, a área foi reduzida em, aproximadamente, 8 milhões de hectares, entre 1975 e 2014 (FAO, 2019). Em média, em sistemas continuamente inundados como os da China e das Filipinas, são necessários 66% a mais de água para produzir 1 kg do grão do que em sistema aeróbico (Bouman et al., 2007), problema que se acentua quando por volta de 40% de toda a água utilizada na agricultura no planeta é para o cultivo de arroz inundado (Pearl-Martinez; Gore, 2016).

O desafio atual é incrementar a produção e, conseqüentemente, a produtividade da cultura, por meio de melhoramento genético e de práticas de manejo



**Figura 4.** Ensaios para estimar o desempenho de cultivares de arroz de terras altas em condições de deficiência hídrica, realizados na Embrapa Arroz e Feijão, em 2012 e 2015, nas fases vegetativa (A) e reprodutiva (B).

que aumentem a eficiência do uso de terras agrícolas e reduzam o uso da água e o impacto da deficiência hídrica. Nesse contexto, a Embrapa desenvolve os seguintes trabalhos: identificação de genótipos de arroz de terras altas tolerantes à deficiência hídrica e uso de bioinsumos para promover o crescimento de raízes (Figura 4) (Pereira et al., 2017); melhoramento genético de arroz de terras altas sob condições de estresse hídrico e tendência de aumento de temperatura no Brasil Central (Ramirez-Villegas et al., 2018); cultivo de arroz de terras altas tolerante a herbicida em consórcio com forrageiras (Figura 2) (Lacerda et al., 2016); papel do arroz de terras altas para sequestro de C e incremento da produtividade em sistema integrado lavoura-pecuária sob plantio direto (Figura 3) (Madari et al., 2018); manejo da água e uso de nitrogênio em sistemas inundados tropicais (Mascarenhas et al.,

2015); emissão de GEE em sistemas de produção de arroz inundado subtropical e tropical (Scivittaro et al., 2019); uso de condicionador em solos do Cerrado para aumentar a disponibilidade de água para plantas de arroz em sistema de terras altas (Carvalho et al., 2014); zoneamento agroclimático para o cultivo de arroz de terras altas sob tendência de aumento de temperatura e redução de precipitação no Brasil (Silva; Assad, 2001; Assad et al., 2005).

Projeções indicam a necessidade de produzir 60% mais alimentos para atender à demanda de um eventual aumento populacional mundial maior do que 9 bilhões de pessoas até 2050 (FAO, 2012), o que se torna um desafio grandioso atualmente em face das mudanças climáticas, das condições de uso do solo e da água, a qual o consumo deve crescer em torno de 50% nos próximos dez anos



**Figura 5.** Cultivo da BRS A501 CL, sob pivô central, na safra 2018/2019, em Lucas do Rio Verde, MT.

em países em desenvolvimento, sendo a maioria (70%) para a produção agrícola. No Brasil, a água utilizada na agricultura irrigada representa 46% (969 m<sup>3</sup>/s) do total (Atlas irrigação, 2017). Entre os sistemas de irrigação, o de inundação é o menos eficiente, com 40% de perdas, seguido por pivô e gotejamento, com perdas de água menores do que 20% (Atlas irrigação, 2017). A suplementação de água via pivô é uma estratégia para evitar risco de perda de produção no cultivo em terras altas (Figura 5) (Crusciol et al., 2012). O cultivo em terras altas é, portanto, viável, com matriz produtiva sustentável, visando o atendimento à demanda mundial crescente da cultura do arroz. Fortalecer a pesquisa científica nesse sistema de cultivo é uma questão estratégica para o Brasil

e o mundo, desafiando o setor agropecuário e a pesquisa e desenvolvimento para, além de produzir mais, produzir melhor, com eficiência.

## Referências

- AGRIANUAL 2019: **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2019. p. 141-150.
- ASSAD, E. D.; SILVA, S. C. da; PINTO, H. da S.; ZULLO JUNIOR, J. **Variação espacial para o cultivo do arroz no Brasil conforme prognósticos de mudanças climáticas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 108).
- ATLAS irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2017. 86 p.
- BOUMAN, B. A. M.; HUMPHREYS, E.; TUONG, T. P.; BARKER, R. Rice and water. **Advances in Agronomy**, v. 92, p. 187-237, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC** (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF, 2012. 172 p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF, 2013. 76 p.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P. de; PINHEIRO, P. V.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, A. P. de; PEREIRA, J. A.; LOPES, A. de M.; UTUMI, M. M.; OLIVEIRA, J. P. de. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, v. 51, n. 3, p. 914-923, May/June, 2011.

BURLINGAME, B.; DERNINI, S. (Ed.). **Sustainable diets and biodiversity: directions and solutions for policy, research and action: proceedings of a Symposium**. Rome: FAO, 2012. 307 p.

CABELL, J. F.; OELOFSE, M. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. **Ecology and Society**, v. 17, p. 18, 2012.

CARVALHO, M. T. de M.; MAIA, A. de H. N.; MADARI, B. E.; BASTIAANS, L.; VAN OORT, P. A. J.; HEINEMANN, A. B.; SILVA, M. A. S. da; PETTER, F. A.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MEINKE, H. Biochar increases plant-available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. **Solid Earth**, v. 5, p. 939-952, 2014.

CASTRO, A. P. de; RANGEL, P. H. N.; LACERDA, M. C.; FURTINI, I. V.; FRAGOSO, D. de B.; CORDEIRO, A. C. C.; SOUSA, N. R. G.; MORAIS, O. P. de; AZEVEDO, R. de; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, I. J. de; CUSTODIO, D. P.; SANTOS, B. M. dos. **BRS A501 CL**: cultivar de arroz de terras altas resistente a herbicida. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 242).

CHAVES, M. O.; DALTRO, E. M. F.; VILLAR, M. L. P.; SANTIAGO, C. M.; FERREIRA, C. M. Pesquisa de participação das marcas de arroz comercializadas em Mato Grosso: uma análise indicativa de mudanças na cadeia produtiva do arroz. **Informações Econômicas**, v. 45, n. 1, p. 20-34, jan./fev. 2015.

COLOMBARI FILHO, J. M.; RESENDE, M. D. V. de; MORAIS, O. P. de; CASTRO, A. P. de; GUIMARÃES, E. P.; PEREIRA, J. A.; UTUMI, M. M.; BRESEGHELLO, F. Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. **Euphytica**, v. 192, n. 1, p. 117-129, 2013.

CONAB. **Grãos - série histórica**. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em: 26 jun. 2019a.

CONAB. **Planilhas de custo de produção**: culturas de primeira safra 2018/2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>>. Acesso em: 26 jun. 2019b.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; NASCENTE, A. S.; ARF, O. Root distribution, nutrient uptake, and yield of two upland rice cultivars under two water regimes. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 237-246, 2013.

CRUSCIOL, C. A. C.; TOLEDO, M. Z.; ARF, O.; CAVARIANI, C. Water supplied by sprinkler irrigation system for upland rice seed production. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 34-42, Jan./Feb. 2012.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1985-2018)**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 4 abr. 2019.

EMBRAPA. **Emissões de metano do cultivo de arroz**: terceiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: relatórios de referência. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015. 63 p.

EMBRAPA. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 19 set. 2019.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018. 212 p.

FAGERIA, N. K. Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 15/16, p. 2603-2629, 2001.

FAO. **Coping with water scarcity**: an action framework for agriculture and food security. Rome, 2012. 78 p. (FAO. Water Reports, 38).



FAO. **Faostat**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 13 set. 2019.

FERREIRA, C. M. **Fundamentos para a implantação e avaliação da produção sustentável de grãos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 228 p.

FERREIRA, C. M.; MORAIS, O. P. de. Formação da matriz produtiva do arroz no Brasil. **Planeta Arroz**, v. 17, n. 61, p. 18-19, fev. 2017.

GASQUES, J. G.; BACHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. Impactos do crédito rural sobre variáveis do agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 4, p. 132-140, out./dez. 2017.

GOULART, A. M. C. **Diversidade de nematoides em agroecossistemas e ecossistemas naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 71 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 191).

INPE. **Monitoramento do El Niño durante NDJ-2019**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 26 set. 2019.

LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S. Effects of row spacing and nitrogen topdressing fertilization on the yield of upland rice in a no-tillage system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 493-502, Oct./Dec. 2016.

LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S.; MONDO, V. H. V.; PEREIRA, E. T. L. Arroz resistente a herbicida no consórcio com forrageira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 30., 2016, Curitiba. **Conhecimento e tecnologia a serviço do agricultor**: anais. Curitiba: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2016. p. 255.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27-35, Dec. 2013.

MADARI, B. E.; MAGGIOTTO, S. R.; CARVALHO, M. T. de M.; CORRÊA, R. S.; OLIVEIRA, J. M.; MEDEIROS, J. C.; SILVA, M. A. S.; MACHADO, P. L. O. A. Mixed farming systems as potential carbon sinks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEGATIVE CO<sub>2</sub> EMISSIONS, 2018, Gothenburg. **Proceedings**. Gothenburg Chalmers University of Technology, 2018.

MAPBIOMAS v.4.0. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

MASCARENHAS, Y. S.; GONÇALVES, G. de M. O.; CAETANO, P. H. P.; SANTOS, A. B. dos; MADARI, B. E.; CORRECHEL, V.; SILVA, M. A. S. da. Condutividade hidráulica saturada em áreas de várzeas tropicais sob cultivo de arroz irrigado por inundação. In: SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS, 9., 2015, Santo Antônio de Goiás. **Coletânea dos resumos apresentados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. p. 122. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 309).

MIRANDA, E. E. de. Meio ambiente: a salvação pela lavoura. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 38-44, out./dez. 2017.

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. Cover crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. **Rice Science**, v. 25, n. 6, p. 340-349, 2018.

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. **Decomposição de palhada e liberação de nitrogênio em latossolo vermelho do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 229).

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, A. S.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 147-155, 2013.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Sustainable diets, food, and nutrition**: proceedings of a Workshop. Washington: National Academies Press, 2019.

OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOWSKI, J.; NASCENTE, A. S.; FREITAS, R. J. de; FAVARIN, J. L. Uso do solo e cultivos de arroz consorciados com braquiária no Cerrado. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 1022-1029, nov./dez. 2014.

PANTHRI, M.; GUPTA, M. Plausible strategies to reduce arsenic accumulation in rice. In: HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M.; NAHAR, K.; BISWAS, J. K. (Ed.). **Advances in rice research for abiotic stress tolerance**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. Cap. 17.

PEARL-MARTINEZ, R.; GORE, T. **Feeding climate change**: what the Paris agreement means for food and beverage companies. Oxford: Oxfam International, 2016. 34 p.

- PEREIRA, R. C.; GUIMARÃES, C. M.; HEINEMANN, A. B.; LANNA, A. C.; LOPES JUNIOR, S.; NARCISO, M. G.; STONE, L. F.; VIANELLO, R. P.; CASTRO, A. P. de. SITIS - Plant Phenotyping Platform. In: LATIN-AMERICAN CONFERENCE ON PLANT PHENOTYPING AND PHENOMICS FOR PLANT BREEDING, 2., 2017, São Carlos. **Proceedings**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 47.
- PINHEIRO, B. da S.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, E. P. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, v. 97, n. 1, p. 34-42, May 2006.
- PINSON, S. R. M.; TARPLEY, L.; YAN, W.; YEATER, K.; LAHNER, B.; YAKUBOVA, E.; HUANG, X.; ZHANG, M.; GUERINOT, M.; SALT, D. E. Worldwide genetic diversity for mineral element concentrations in rice grain. **Crop Science**, v. 55, n. 1, p. 294-311, Jan./Feb. 2015.
- RAMIREZ-VILLEGAS, J.; HEINEMANN, A. B.; CASTRO, A. P. de; BRESEGHELLO, F.; NAVARRO-RACINES, C.; LI, T.; REBOLLEDO, M. C.; CHALLINOR, A. J. Breeding implications of drought stress under future climate for upland rice in Brazil. **Global Change Biology**, v. 24, n. 5, p. 2035-2050, May 2018.
- ROYAL SOCIETY. **Reaping the benefits:** science and the sustainable intensification of global agriculture. 2009. Disponível em: <<https://royalsociety.org/policy/publications/2009/reaping-benefits>>. Acesso em: 26 set. 2019.
- SAITO, K.; ASAI, H.; ZHAO, D.; LABORTE, A. G.; GRENIER, C. Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. **Plant Production Science**, v. 21, n. 3, p. 145-158, 2018.
- SEEG Brasil. **Sistema de estimativas de emissões e remoções de gases de efeito estufa:** período de 1970 até 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/documentos-analiticos>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- SCIVITTARO, W. B.; VEÇOZZI, T. A.; JARDIM, T. M.; LUCAS, N. F.; SILVA, M. A. S. da; MARCARENHAS, Y. S.; CARVALHO, M. T. de M.; MADARI, B. E.; CONCENÇO, G. **Emissões de gases de efeito estufa do cultivo de arroz irrigado em ecossistemas subtropical e tropical**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 22 p. Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 324.)
- SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D. Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 536-543, 2001.
- SOUSA, R. L. **Nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) no Cerrado brasileiro com ênfase nos danos causados à cultura do arroz**. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- THEISEN, G.; SILVA, J. J. C.; SILVA, J. S.; ANDRES, A.; ANTEN, N. P. R.; BASTIAANS, L. The birth of a new cropping system: towards sustainability in the sub-tropical lowland agriculture. **Field Crops Research**, v. 212, p. 82-94, Oct. 2017.

Exemplares desta edição  
podem ser adquiridos na:

**Embrapa Arroz e Feijão**

Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural,  
Caixa Postal 179  
CEP 75375-000,  
Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 3533 2105  
Fax: (62) 3533 2100  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

On-line (2020)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê de Publicações  
da Embrapa Arroz e Feijão

Presidente

*Roselene de Queiroz Chaves*

Secretária-Executiva

*Tereza Cristina de Oliveira Borba*

Membros

*Aluisio Goulart Silva, Ana Lúcia Delalibera de*

*Faria, Fábio Fernandes Nolêto, Luiz Roberto*

*Rocha da Silva, Luciene Fróes Camarano*

*de Oliveira, Luís Fernando Stone, Márcia*

*Gonzaga de Castro Oliveira, José Manoel*

*Colombari Filho*

Supervisão editorial

*Luiz Roberto Rocha da Silva*

Revisão de texto

*Luiz Roberto Rocha da Silva*

Normalização bibliográfica

*Ana Lúcia D. de Faria (CRB 1/324)*

Editoração eletrônica

*Fabiano Severino*

Foto da capa

*Sebastião José de Araújo*

CGPE 15913